

¿Cómo mejorar la educación científica de primaria en España desde el currículo oficial? Sugerencias a partir de un análisis curricular comparativo en torno a las finalidades y contenidos de la ciencia escolar¹

How to improve the national science curriculum of Spanish primary education. Suggestions from a comparative analysis of goals and content with England and the USA

Ana M. Criado, Marta Cruz-Guzmán, Antonio García-Carmona, Pedro Cañal

Departamento de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Sevilla.

acriado@us.es, mcruzguzman@us.es, garcia-carmona@us.es, pcanal@us.es

RESUMEN • Se compara el currículo de ciencias español en educación primaria (enseñanzas mínimas nacionales) con los de Inglaterra y EE. UU., y se hacen propuestas de mejora. En las finalidades proponemos la inclusión de nociones de naturaleza de la ciencia y énfasis en la ciencia recreativa. Para los contenidos, sugerimos una revisión general por un panel de expertos en cada una de las materias de ciencias y su didáctica, una mayor sistematización de cada contenido a lo largo de los tres ciclos y una mejor articulación de los contenidos con el resto de diferentes elementos curriculares.

PALABRAS CLAVE: alfabetización científica; currículo de ciencias; educación científica comparada; educación primaria.

ABSTRACT • Science curriculum of Spanish primary education is compared with both the England one and the United States National Science Education Standards, in order to provide improving suggestions for the first one. Concerning the aims, inclusion of nature of science notions; and amusing science learning, are suggested. Regarding to contents, a revision of the whole of them by an expert team on each of the science subjects and science education is suggested; likewise a better organization of contents along the primary stage and a better coordination between contents and the other curricular elements is recommended.

KEYWORDS: scientific literacy; compared science education; science curriculum; primary education.

Fecha de recepción: diciembre 2012 • Aceptado: junio 2013

1. Este estudio ha sido realizado gracias a la financiación recibida para el proyecto EDU2009-12760, del Plan Nacional, y el proyecto de Excelencia P09-SEJ-5219, financiados, respectivamente, por el Ministerio de Ciencia e Innovación y la Junta de Andalucía.

Criado, A.M.; Cruz-Guzmán, M.; García-Carmona, A.; Cañal, P. (2014). ¿Cómo mejorar la educación científica de primaria en España desde el currículo oficial? Sugerencias a partir de un análisis curricular comparativo en torno a las finalidades y contenidos de la Ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 32.3, pp. 249-266

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La educación científica en primaria se justifica (Harlen, 1993 y 2008; Osborne y Dillon, 2008), en primer lugar, por la necesidad de alfabetizar científicamente a la ciudadanía desde la infancia, a fin de que logre afrontar con éxito los retos de una sociedad impregnada de ciencia y tecnología. En segundo lugar, por su finalidad propedéutica, ya que esa alfabetización científica tiene que seguir desarrollándose, al menos, en la subsiguiente etapa educativa de la secundaria obligatoria. En efecto, la introducción de las ideas científicas clave, que explican un amplio rango de fenómenos, no se puede hacer directa y abruptamente porque resultarían abstractas y sin significado. Solo puede ser efectiva si existe el antecedente de un soporte de ideas más concretas generadas a partir de la interpretación de experiencias del entorno (Harlen, 1993 y 2008). Todo ello se ve reforzado por el hecho de que el interés y las actitudes hacia la ciencia se generan antes de los 14 años, por lo que es en las etapas básicas donde más se debe cuidar la educación científica (Osborne y Dillon, 2008).

Por todo ello, es comprensible la preocupación actual por la educación científica básica en Europa, pero, sobre todo, a la luz de la deficiente competencia científica que termina adquiriendo una parte importante de la ciudadanía. Es una situación crítica que se viene manifestando en las evaluaciones PISA (2006, 2009), que han dado lugar a informes con orientaciones para la mejora de la situación.

Una de las dimensiones de este problema educativo la constituye la cuestión de los currículos oficiales de ciencia, que ha sido tratada solo parcialmente. Así, los informes europeos de Rocard *et al.* (2007) y Nuffield (Osborne y Dillon, 2008) reclaman cambios en los contenidos de ciencia para que los escolares aborden problemas relevantes en su vida cotidiana mediante estrategias educativas basadas en la investigación escolar.

El informe Enciende (Couso *et al.*, 2011) ha denunciado la precaria situación de la educación científica en España. Sugiere cambios en los contenidos, las metodologías y la evaluación externa e interna, imitando a los países que promueven la ciencia escolar en contextos diversos y relevantes. Para ello, hace referencia a la historia de la ciencia, al enfoque CTS y a las aplicaciones prácticas de la ciencia a la vida real.

Las carencias en este sentido tienen sus consecuencias. El informe Eurydice (2011) expone que el declive del interés hacia la ciencia es, en parte, debido a que se suele presentar como una colección de hechos descontextualizados y desconectados de las propias experiencias de los estudiantes. Sugiere, pues, que una ciencia en contexto debe ser el punto de partida para el desarrollo de las ideas científicas. Advierte, además, que los estudios sobre la práctica en las aulas españolas muestran que las actividades experimentales y de campo no se llevan a cabo, generalmente.

Los estudios mencionados han tratado una parte de la extensa temática que implica la educación científica, pero quedan por analizar muchas otras cuestiones del currículo de ciencias, especialmente en las edades tempranas. Así, se echan en falta estudios que acometan una comparación de los elementos curriculares sugeridos para la educación científica en los programas oficiales de distintos países, cuestión que se aborda en este trabajo.

El problema investigado

Ante este panorama, se ha abordado un estudio comparativo del currículum oficial español de ciencia,² dentro del área denominado Conocimiento del medio natural, social y cultural (CMNSC, en adelante), con el de Inglaterra y Gales (Department for Education and Employment [DEE], 1999) y los estándares (S, en adelante) de EE. UU. (National Research Council [NRC], 1998).

2. R.D. 1513/2006, del Ministerio de Educación.

La elección del currículo inglés responde a que concedemos gran valor didáctico a las actividades experimentales (Criado y García-Carmona, 2011a), y a que se desarrolla en uno de los países donde mayor incidencia tienen las actividades experimentales en el aprendizaje de las ciencias (Woodley, 2009); algo que contrasta con lo que ocurre en las aulas españolas (Cañal, Criado, García-Carmona y Muñoz, 2013). Y la relevancia que concedemos a los S estadounidenses estriba en su énfasis en las estrategias de aprendizaje por investigación, que constituye una de nuestras líneas de trabajo prioritarias (e.g., Cañal, Pozuelos y Travé, 2005; Criado y García-Carmona 2011b).

El estudio se centró en determinar qué mejoras podrían realizarse en el mencionado currículo español, tras compararlo con el de dichos países. Para ello, se analizaron los distintos elementos curriculares, si bien, por razones de espacio, nos limitamos aquí a las finalidades y contenidos de la ciencia escolar. Los interrogantes que guiaron el análisis fueron:

1. Finalidades educativas
 - 1.1 ¿Qué finalidades se plantean con el aprendizaje de la *ciencia en primaria*?
2. Núcleos de contenidos y su distribución
 - 2.1 ¿Cuáles son los núcleos de contenidos básicos establecidos?
 - 2.2 ¿Cómo se distribuyen esos contenidos y qué progresión-secuenciación se propone para los distintos niveles?

Con las preguntas anteriores se trató de determinar cómo es el currículo español respecto al de los países seleccionados, a fin de responder a la cuestión que da título al trabajo y hacer propuestas de mejora.

METODOLOGÍA

Siguiendo las pautas metodológicas de la educación comparada (Ferran, 2002), se analizaron los tres documentos en sus versiones originales, agotando las etapas *descriptiva* (D), de *yuxtaposición* (Y) y *comparativa* (C) de dicha metodología, que se repitieron en iteraciones sucesivas.

La etapa D del análisis pasó por una comprensión de cada documento, con vistas a localizar y disponer de los datos pedagógicos que se debían comparar. En las dos siguientes se desarrollaron y fijaron los criterios de selección, se buscaron presencias/ausencias de elementos comunes en los documentos y se extrajeron conclusiones para la mejora del español.

En el análisis se siguieron también procesos de validación y fiabilidad combinando estrategias de análisis inter e intrajueces (Padilla, 2002).

La organización de los investigadores se hizo mediante las siguientes fases:

1. Los cuatro investigadores del proyecto se distribuyen tareas: a) dos investigadoras trabajarían directamente con los datos, como jueces independientes, y los otros dos realizarían una validación externa; b) se determinan qué apartados del instrumento marco se usarían para el protocolo específico de este análisis.
2. Comienzo del trabajo sobre los currículos por dos investigadoras independientes (2ii): estudio de las características idiosincráticas de los tres documentos y localización de epígrafes equivalentes a los elementos curriculares que se han de comparar rellenando tablas, con la selección, en el idioma original (etapa D). En primer lugar, cada investigadora actúa independientemente. Después, durante la puesta en común, se infiere la necesidad de modificar la estructura de las cuestiones de investigación iniciales, así como el orden en algunos indicadores del protocolo de análisis. Además, se traducen los documentos extranjeros.
3. Reunión de los cuatro investigadores para valorar y aprobar las modificaciones propuestas.

4. Avances en el análisis por 2ii (etapas D, Y y C): continuación de la fase II con la construcción de tablas, y traslado de los elementos buscados en cada uno de los tres currículos. Con el texto en castellano en las tablas, se fueron identificando los aspectos comunes y localizando omisiones (sobre todo en el español), con vistas a señalarlos como mejoras en este. Se decide indicar con el símbolo «Φ» la omisión de un elemento en el currículo correspondiente. También se acuerda que antes de registrar una omisión como firme se revisa a fondo el documento, por si aparece en otro lugar y así saber si ese aspecto no se contempla en ningún epígrafe. Tras cada análisis comparativo, cada investigadora escribe comentarios y emite sugerencias para la mejora del currículo español. En una nueva puesta en común entre ambas, se verifican las coincidencias y se busca consenso en disparidades.
5. Reunión de los cuatro investigadores para una puesta en común sobre el trabajo anterior.

El instrumento del análisis comparativo (tabla 1) se configuró a partir de las preguntas indicadas anteriormente. Este es parte de un instrumento más amplio ya validado en un estudio anterior (García-Carmona, Criado y Cañal, 2014), donde se analiza el grado de coherencia de la educación científica en el currículo español de primaria. En el instrumento cada pregunta va acompañada de una serie de indicadores, a modo de respuestas expertas, acordes con las tendencias actuales en didáctica de las ciencias, y que sirven de referentes para el análisis.

Tabla 1.
Indicadores para el análisis de las finalidades y los contenidos de los currículos

1. Entre las finalidades de la educación científica básica, debe considerarse prioritario aquello que favorezca:
1.1 La adquisición de conocimientos científico-tecnológicos básicos.
1.2 El desarrollo de habilidades y destrezas próximas a la actividad científica.
1.3 Una primera comprensión de elementos básicos de la Naturaleza de la Ciencia (NDC).
1.4 El desarrollo de un pensamiento crítico y responsable ante cuestiones sociocientíficas significativas para el desarrollo ciudadano.
2. En cuanto a los núcleos de contenidos y su distribución:
2.1 Deben proponerse contenidos relacionados, no fragmentados y bien organizados.
2.2 Deben referirse a la realidad sicionatural palpable por los escolares y, consecuentemente, para responder a las preguntas de los escolares y que sean útiles en la vida cotidiana.
2.3 Deben secuenciarse mediante un hilo conductor que tenga en cuenta la lógica psicológica del escolar, y cierta coherencia con la epistemología del conocimiento científico (secuenciación progresiva).

RESULTADOS

Empezamos aclarando las correspondencias de niveles entre los sistemas educativos comparados (tabla 2). En España, antes de secundaria se distinguen las etapas de infantil y primaria; esta última con tres *ciclos*. En Inglaterra son dos *etapas*, mientras que en EE. UU. se distingue infantil (Kindergarten), incluida en la primera etapa, denominada K-4, a la que le sigue otra denominada 5-8, en alusión a los cursos que comprenden.

Tabla 2.
Niveles en los sistemas educativos español, inglés
y estadounidense para edades tempranas

ESPAÑA		INGLATERRA Y GALES		ESTADOS UNIDOS	
Etapas	Edades	Etapas	Edades	Etapas	Edades
Infantil	3-6	Competencia municipios	< 5	Kindergarten (K)	3-5
Primaria					
1.º ciclo	6-8	Key stage 1	5-7	Grade 1	5-6
2.º ciclo	8-10			Grade 2	6-7
3.º ciclo	10-12	Key stage 2	7-11	Grade 3	7-8
				Grade 4	8-9
				Grade 5	9-10
				Grade 6	10-11

Los documentos oficiales tienen una estructura idiosincrática que reflejamos en la tabla 3.

Tabla 3.
Estructura de los tres documentos consultados sobre la ciencia en educación primaria

<i>CMNSC</i> Enseñanzas mínimas España (R.D. 2006)	<i>Science Education National Curriculum</i> Inglaterra y Gales (DEE, 1999)	<i>Science and Technology Standards (S)</i> EE. UU. (NRC 1998)
Varios documentos, entre ellos, el R.D. 2006, con todas las áreas de conocimiento de primaria (50 pp.) Del R.D. 2006: Artículo 5. <i>Curriculo</i> : 1. Objetivos 2. Competencias básicas 3. Contenidos 4. Métodos pedagógicos 5. Criterios de evaluación de la etapa (p. 43055) Artículo 6. <i>Competencias básicas</i> Aprendizajes imprescindibles [...] aplicación saberes, [...] al finalizar la enseñanza obligatoria para lograr su realización personal, ejercer la ciudadanía activa, [...] aprendizaje permanente a lo largo de la vida. Incorporadas para: ... que [...] integren sus aprendizajes y los utilicen en diferentes contextos Orientar la enseñanza, identificar contenidos y criterios de evaluación Anexo I (p. 43058) Áreas de la educación primaria (Anexo II, p. 43063)	<i>Guía de ciencias</i> , para toda la educación obligatoria (87 pp.) 1. <i>Programa</i> : las ciencias que hay que enseñar en las etapas clave 1, 2, 3 y 4, conteniendo: 2. Conocimientos, habilidades y comprensión que han de ser enseñados de esa asignatura en la etapa. 3. <i>Amplitud del estudio</i> : contextos, actividades y experiencias, en los que «2» deberían ser enseñados. 4. Ejemplos. 5. Resumen: lo importante que hay que aprender en la etapa. 6. Objetivos que se han de conseguir: <i>Attainment targets</i> (A.T.) & <i>levels description</i> (p. 7) Ocho niveles de dificultad progresiva: describiendo conocimientos, habilidades y comprensión que se espera que posean escolares de diferentes capacidades y madurez, la actuación de un escolar que trabaja en ese nivel (pp. 6, 7, 12 y 13).	Guía de ciencias para todo el sistema educativo, para alfabetización científica (262 pp.) (Guidance for readers, p. 17) : Introducción (cap. 1) Objetivos (Goals for school science) (p. 13) Principios y definiciones (cap. 2) <i>S para enseñanza de ciencias</i> (cap. 3) Preparación profesor <i>S para desarrollo profesional de profesorado</i> (cap. 4) <i>S para evaluación de ciencias</i> (cap. 5) <i>S de contenido</i> (cap. 6) Justificación (p. 109) <i>Estructura</i> : - <i>Developing of understanding</i> (desarrollo progresivo de las ideas de los niños hacia los conceptos científicos) - <i>Guide to the content standard</i> (S): ideas fundamentales que sustentan el S. Dirigido a responsables políticos: S de programa de ciencias (cap. 7) S del sistema educativo de ciencias (cap. 8) <i>Content S: lo que los estudiantes deben aprender.</i> <i>Curriculum: cómo se organiza el contenido y en lo que hay que hacer hincapié.</i> (Science Content S, cap. 6, p. 111)

Hay varios aspectos que se deben valorar y que supondrían una mejora en el caso español:

La existencia de una única guía y estructura para la enseñanza de la ciencia a lo largo de toda la educación obligatoria.

El *Developing of understanding*, de cada S, que expresa el desarrollo progresivo del conocimiento de los escolares, tal como sugiere la didáctica de las ciencias.

Los *attainment targets* del currículo inglés, que determinan explícitamente, por niveles, los logros progresivos que deben alcanzar los escolares a lo largo de la etapa.

Una cuidadosa correspondencia entre los diferentes elementos curriculares en los dos documentos extranjeros, lo que, quizá, explique su permanencia en el tiempo, salvo ligeros cambios, a diferencia de la proliferación de reformas que se suceden en España.

Finalidades: ¿qué se pretende con el aprendizaje de la ciencia en primaria?

En la tabla 4 se reproducen alusiones a las finalidades de la educación científica en cada currículo. Cada una va precedida del número de indicador del instrumento de análisis (tabla 1) con el que está relacionada.

Tabla 4.
Comparación de las finalidades educativas para las ciencias en cada currículo

<i>Objetivos y competencia de interacción con el mundo físico (CIMF) del área CMNSC (España)</i>	<i>Objetivos Science Educ. National Curriculum (Inglaterra y Gales)</i>	<i>Objetivos Science and Technology (EE. UU.)</i>
<p>1.1</p> <p>... pretende [...] proporcionar <i>informaciones</i> [...] sobre el mundo, [...] sean capaces comprenderlas e interpretarlas [...] <i>respuestas válidas a las cuestiones</i> [...] <i>coherentes con criterios científicos</i> [...], superando [...] concepciones previas de escasa base científica [...], <i>familiarizándose</i> [...] <i>forma en que se construye el conocimiento científico</i> (anexo II, área CMNSC, p. 43063).</p> <p>... aplicación de [...] <i>conceptos científicos</i> y técnicos, y de <i>teorías científicas básicas</i>... (anexo I, p. 43060)</p> <p>... de <i>conceptos y principios básicos</i> [...] análisis [...] fenómenos desde [...] <i>conocimiento científico</i> (anexo I, CIMF (p. 43060).</p>	<p>1.1</p> <p>La ciencia</p> <p>... lo que deseamos <i>saber sobre la vida</i> [...] robusta información del <i>universo</i> [...] encaja con nuestras vidas [...] encauzar nuestra curiosidad espontánea.</p> <p>... enseña a hacer buenos análisis [...] es <i>parte integral de la cultura moderna</i>.</p> <p>Amplía la imaginación y creatividad... (The importance of science, p. 14).</p>	<p>1.1</p> <p>Todos los estudiantes [...] deben tener la oportunidad de alcanzar altos niveles de <i>alfabetización científica</i> (AF).</p> <p>Un aspecto esencial de la AF es [...] <i>mayor conocimiento y comprensión de las ciencias</i>: [...] física, de la vida y de la Tierra...</p>
<p>1.2 y 1.4</p> <p>... para poner en práctica los <i>procesos y actitudes propios del análisis sistemático y de indagación científica</i>: identificar y plantear problemas [...] planificación [...] soluciones técnicas, [...] desenvolverse [...], con <i>autonomía e iniciativa personal en ámbitos de la vida</i> [...] <i>interpretar el mundo</i>, conceptos y principios... (anexo I, CIMF (p. 43060).</p> <p>1.2</p> <p>8. Identificar, plantearse y <i>resolver interrogantes y problemas</i> [...] del entorno, utilizando estrategias...</p> <p>9. <i>Planificar</i> y realizar proyectos [...] y aparatos sencillos [...] conocimiento de las propiedades [...] de [...] materiales... (objetivos área CMNSC, p. 43064).</p>	<p>1.2</p> <p>... favorece [...] se desarrollen <i>habilidades clave</i>: comunicación [...] trabajar con datos numéricos [...] trabajar en grupo, haciendo <i>investigaciones</i>; mejorar el propio aprendizaje y rendimiento, reflexionando [...] y evaluando lo que han logrado.</p> <p>(Promoting key skills through science, p. 8).</p> <p>El método científico desarrolla [...] explicaciones [...] a través de evidencia experimental y producción de modelos.</p> <p>(The importance of science, p. 15)</p> <p><i>Resolver problemas</i>, buscando formas de contestar <i>cuestiones científicas</i> (Prom. key skills through science, p. 8).</p>	<p>1.2</p> <p>... se requieren personas [...] capaces de aprender, razonar, <i>pensar creativamente, tomar decisiones y resolver problemas</i>. Comprender la ciencia y los <i>procesos científicos</i> contribuye [...] a estas destrezas (An Overview, p. 1).</p>

<i>Objetivos y competencia de interacción con el mundo físico (CIMF) del área CMNSC (España)</i>	<i>Objetivos Science Educ. National Curriculum (Inglaterra y Gales)</i>	<i>Objetivos Science and Technology (EE. UU.)</i>
<p>1.3 ... reconocer la naturaleza, fortalezas y límites de la actividad investigadora como construcción social del conocimiento a lo largo de la historia (anexo I, CIMF p. 43060).</p>	<p>1.3 La ciencia [...] promover el desarrollo: Cultural [...] reconocer cómo los inventos científicos y las ideas han afectado a cómo piensan [...] y viven las personas. (Promoting pupils' spiritual, moral, social & cultural development through science, p. 8).</p>	<p>1.3 La AF [...] incluye comprensión de la NdC [...] y el papel de la ciencia en la sociedad y en la vida [...] criterios empíricos, argumentos lógicos y revisión escéptica (Princip. and Definit, p. 21).</p>
<p>Diferenciar entre ciencia y pseudociencia</p> <p>Ø</p>	<p>Diferenciar ciencia y pseudociencia</p> <p>Ø</p>	<p>Diferenciar ciencia y pseudociencia [...] lo que es ciencia y lo que no es [...] (Principles and definitions, p. 21).</p>
<p>Educación para el consumidor</p> <p>... espíritu crítico [...] mensajes publicitarios [...] consumo responsable (anexo I, CIMF p. 43060).</p>	<p>Educación para el consumidor</p> <p>Ø</p>	<p>Educación para el consumidor</p> <p>Ø</p>
<p>1.4</p> <p>1. Identificar [...] elementos del entorno natural [...], organización, características e interacciones...</p> <p>5. Analizar algunas manifestaciones de la intervención humana en el medio, valorándola críticamente y adoptando un comportamiento en la vida cotidiana de defensa y recuperación del equilibrio ecológico... (objetivos área CMNSC, p. 43064).</p> <p>... y tomar decisiones sobre el mundo [...] cambios que la actividad humana produce sobre el medio ambiente, la salud y la calidad de vida de las personas [...] interactuar con el mundo físico [...] predicción de consecuencias y [...] preservación de las condiciones de vida propia [...] y del resto de los seres vivos.</p> <p>... argumentar racionalmente las consecuencias de unos u otros modos de vida, y adoptar [...] vida física y mental, entorno natural y social [...] saludables [...] actitudes de responsabilidad [...] influencia que tiene [...] actividad humana [...] que todos los seres humanos se [...] beneficien del desarrollo [...] la conservación de los recursos y la diversidad natural, [...] la solidaridad global e intergeneracional (anexo I, CIMF p. 43060).</p>	<p>1.4 La ciencia [...] promover el desarrollo: Espiritual [...] reflexionando sobre [...] temas como ¿cuándo empieza la vida?... Moral, ayudando a ver la necesidad de obtener conclusiones, basadas en evidencias y no en prejuicios [...] discusión de las implicaciones de los usos del conocimiento científico [...] Social [...] formación de opinión [...] justificación de decisiones [...] diferentes interpretaciones de una evidencia científica [...] en temas de discusión social (Promoting pupils' spiritual, moral, social & cultural development through science, p. 8).</p> <p>... valorar [...] el medioambiente (Foreword, p. 4).</p> <p>... La educación para el desarrollo sostenible [...] tomar decisiones fundadas, la búsqueda de valores éticos relativos a la aplicación de la ciencia y la tecnología, y [...] diversidad e interdependencia (Promoting other aspects of curriculum p. 9).</p> <p>... aprenden a hacer preguntas y tratar temas [...] sobre sus vidas y desarrollo futuro (The importance of Science, p. 15).</p>	<p>1.4 Utilizar procesos y principios científicos apropiados en toma de decisiones personales (Introduction, Why is science literacy important?, p. 11, y Goals for school science, p. 13).</p> <p>Comprometerse [...] en discurso público y debatir sobre las materias científicas y tecnológicas (Goals for school science, p. 13).</p> <p>El juicio colectivo determinará la gestión de los recursos comunes, aire, agua y bosques nacionales (Introduction, Why is science literacy important?, p. 11)</p> <p>... se enfrentan [...] con cuestiones para las que necesitan información y modo de pensar científicos [...] para la toma de decisiones (Introduction, Why is science literacy important?, p. 11).</p>

Hay rasgos de las finalidades (asociados a los indicadores 1.1, 1.2 y 1.4) que comprenden unos mínimos de alfabetización científica y que pueden interpretarse de manera similar en los tres currículos, a saber: desarrollo personal de los escolares y su desenvolvimiento en la vida cotidiana, comprensión del mundo que los rodea y crear un pensamiento crítico ante cuestiones sociocientíficas.

Sí se observan claras diferencias al comparar el indicador 1.3. El currículo estadounidense indica explícitamente que «la alfabetización científica también incluye la comprensión de la NDC, [...] y el papel de la ciencia en la sociedad y en la vida de las personas». En contraste, el español y el inglés son menos explícitos al respecto; si bien, en la descripción de la *competencia IMF* del primero, se alude a «reconocer la naturaleza, fortalezas y límites de la actividad investigadora como construcción social del conocimiento», o a la «valoración del conocimiento científico al lado de otras formas de conocimiento» (pp. 43059-43060).

Salvo el estadounidense, tampoco se presta suficiente interés explícito a diferenciar ciencia y pseudociencia, cuestión que constituye una de las aplicaciones de la *ciencia en contexto* que contempla la *competencia científica*.

En síntesis, respecto a las finalidades el currículo español comparte aspectos con los extranjeros, pero mejoraría prestando mayor interés a cuestiones relativas a la NDC.

Contenidos

Los núcleos en los que se estructuran los contenidos para la educación científica en primaria se representan en la tabla 5. El bloque sobre *Vida* o *Seres vivos* aparece de forma similar en los tres currículos (en el español, bloques 1, 2 y 3). En el resto de núcleos existe más diversidad, como ya se ha constatado en otros casos (Rudock y Sainsbury, 2008: 35), cuando se cotejan los países mejor clasificados en las evaluaciones comparativas. No obstante, sí que es común a todos que el contenido se enfoque sobre los materiales, organismos y objetos del entorno cotidiano de los escolares.

Tabla 5.
Núcleos de contenidos científicos en España, Inglaterra y Estados Unidos

<i>España: 5 bloques de ciencias</i>	<i>Inglaterra: 4 areas of science</i>	<i>Estados Unidos: 8 science content standards (S)</i>
1. El entorno y su conservación 2. La diversidad de los seres vivos 3. La salud y el desarrollo personal 6. Materia y energía 7. Objetos, máquinas y tecnologías (Se omiten los bloques 4 y 5, más relacionados con Ciencias Sociales)	1. Investigación científica 2. Seres vivos 3. Materiales y sus propiedades 4. Procesos físicos	A. Conceptos y procesos unificadores en ciencia B. Ciencia como investigación C. Ciencia física D. Ciencia de la vida E. Ciencia de la tierra y del espacio F. Ciencia y tecnología G. Ciencia en perspectiva personal y social H. Naturaleza e historia de la ciencia

Para saber hasta qué punto los contenidos en los currículos satisfacen los indicadores de referencia propuestos, es necesario considerar contenidos específicos. Una vez seleccionados los núcleos que se deben comparar, se analizan según los indicadores 2.1, 2.2 y 2.3 (tabla 1).

Selección de núcleos de contenidos que hay que comparar

Se tomaron como base un número mínimo de núcleos de contenido relevantes y similares en los tres currículos, que para simplificar su denominación podemos identificarlos con los cuatro primeros S estadounidenses. Como se observa en las tablas 5 y 7, el primer S, *Conceptos y procesos unificadores en ciencia* (tabla 7), es idiosincrático; aunque se puede inferir que en los casos español e inglés están presentes algunos de esos contenidos transversales, como la idea de *cambio, sistema*, etc.

Siguiendo el orden España/Inglaterra/EE. UU., se establecieron las comparaciones partiendo de *Ciencia como investigación*, luego *Ciencia física* (que engloba *materiales, sus propiedades y procesos físicos*) y finalmente *Ciencia de la vida*. Excluimos aquí el análisis del último, por limitaciones de espacio, si bien ya hemos hecho propuestas para dicho contenido (Cañal, 2008) y para el de *las máquinas* (Criado y García-Carmona, 2011b).

La *Ciencia como investigación* (tablas 6 y 7) es un núcleo que no existe en el caso español, aunque se infiere la intencionalidad de que se practiquen procesos de investigación. Véanse, a modo de ejemplo

(formulados, además, de forma progresiva), procesos como *observación* y *explicación*, incluidos en el bloque de *materia y energía* para cada ciclo (tabla 8).

Tabla 6.
Secuenciación de contenidos de *Investigación científica* (Inglaterra y Gales)

Inglaterra y Gales: Contenido: <i>Investigación científica</i> (pp. 16 y 21)	
<i>Key Stage 1</i> (hasta 7 años)	<i>Key Stage 2</i> (hasta 11 años)
<i>Ideas y evidencias en Ciencia:</i>	
Recoger evidencias para contestar una pregunta	Establecer nexos entre causa y efecto
<i>Habilidades investigativas:</i>	
<i>Planificación:</i>	
Pensar lo que ocurrirá antes de hacer	Decidir por anticipado qué datos recoger y qué material usar
<i>Obtención y presentación de evidencias:</i>	
Explorar (mediante los sentidos)	Hacer control de variables
<i>Consideración de evidencias y evaluación:</i>	
Comparar lo ocurrido con lo esperado	Decidir: ¿conclusiones acordes con predicciones?

Tabla 7.
Secuenciación de contenidos de *Conceptos y procesos unificadores* y *Ciencia como investigación* (EE. UU.)

EE.UU. A: Conceptos y procesos unificadores en ciencia	
<i>Niveles K-4</i> (hasta 9 años) p. 104	<i>Niveles 5-8</i> (10 a 12 años) pp. 143-148
Sistemas, orden y organización Evidencias (pruebas), modelos y explicación Cambio, constancia y medida Evolución y equilibrio Forma y función	
Ej.: Medida y uso de herramientas de medida	Importancia de la medida en los retos científicos
EE. UU. B: Ciencia como investigación	
<i>Niveles K-4</i> (hasta 9 años) pp. 105 y 121-123	<i>Niveles 5-6</i> (hasta 11 años) pp. 105, 110 y 143
Habilidades y conceptos fundamentales	
Habilidades [...] para hacer investigación científica. Hacer preguntas sobre objetos, organismos y eventos del entorno. Diseñar y elaborar una investigación simple. Usar equipos simples para obtener datos más allá de los sentidos. Comunicar investigaciones y explicaciones.	Identificar cuestiones abordables mediante investigación científica. Diseñar y hacer investigación científica. Uso de herramientas y técnicas para recoger, analizar e interpretar datos. Descripciones, explicaciones, predicciones y modelos. Pensar [...] con lógica para establecer relación evidencia-explicación. Ej.: en 5.º, investigación de variables en péndulo.
Comprensión de la investigación científica	
Hacer y responder preguntas. Tipos de investigaciones: describir objetos, eventos y organismos; clasificarlos, control de variables. Usar instrumentos simples (lupas, termómetros, reglas). Comunicar resultados de investigación y que otros lo repitan. Revisión de resultados por otros científicos. Deben investigar, la profesora no anticipará la respuesta.	Diferentes problemas e investigaciones. Diferentes dominios científicos, métodos, teorías, core y estándares. Importancia de las Matemáticas en la investigación científica. Tecnología: tomar datos con precisión, analizar resultados. <i>Cómo avanza la ciencia:</i> La explicación científica [...] argumentos [...] principios, modelos y teorías; aceptados [...] hasta ser desplazadas por otros mejores, evaluados con escepticismo...

Los currículos extranjeros, en coherencia con las finalidades planteadas, consideran parte del contenido que los escolares hagan investigaciones sobre aspectos de su entorno cotidiano, de manera que estas sirvan de base para construir conceptos y para aprender habilidades específicas de los procesos investigativos. Si, con ayuda de los indicadores 2.1, 2.2 y 2.3, evaluamos este núcleo en cada currículo (tablas 6 y 7), vemos que sí se cumplen esos requisitos.

Ahora bien, el currículo inglés no hace alusión clara a otras cuestiones relativas a la NDC. Hay una leve referencia al papel que la ciencia ha desempeñado en el desarrollo de muchas cosas útiles (pp. 20 y 27).

Sin embargo, en los S estadounidenses se inicia la enseñanza de aspectos de la NDC desde los 10-11 años, como se puede observar al final de la tabla 7, abordando, por ejemplo, *cómo se genera el conocimiento científico*.

Como recomendación para la mejora del currículo español, al respecto, proponemos un núcleo específico sobre *investigación escolar*, incluyendo algunas primeras nociones de NDC, en coherencia con las recomendaciones que hace en las finalidades para la educación científica.

En una perspectiva comparativa general de los núcleos que siguen, y buscando similitudes, vemos que, atendiendo al indicador 2.2, los tres currículos coinciden en iniciar la enseñanza de las ciencias en los ámbitos que rodean al escolar, con cuestiones que le resulten útiles como: *el estudio y clasificación de los materiales del entorno, el cuerpo humano, alimentación*, etc. Pero no podemos decir que se cumpla en todos los casos el criterio 2.1 (contenidos *bien relacionados y organizados*), ni el 2.3 (*progresión adecuada al pasar de curso*), como vamos a ver. Para obtener una impresión general, obsérvense y compárense las tablas 8, 10 y 11. En cada una, sígase la enumeración de contenidos dentro de un ciclo (en vertical) y su *progresión* al aumentar de nivel (en horizontal).

Centrando la atención en *materiales y sus propiedades*, vemos que los contenidos son similares (*propiedades de los objetos, de los materiales y de las sustancias; mezclas, procedimientos de separación, cambios de estado...*), pero la sistematización en vertical y horizontal es mucho más adecuada en los casos extranjeros.

Lo ilustraremos con un ejemplo dentro del tercer ciclo español, en el que el orden en los contenidos viene a ser: *materiales, densidad, flotabilidad, fuerzas, energía, residuos y contaminación, mezclas, reacciones químicas, cambios de estado, planificar experiencias sobre los cuerpos y la luz, sonido, calor humedad, electricidad; normas de seguridad*. Verificando si se cumple el indicador 2.1, nos preguntamos: ¿Por qué no se sigue la secuencia *material-materia-sustancia* antes de llegar a *mezclas de sustancias*? ¿Qué criterio de organización lleva a las *mezclas* lejos de la *clasificación de los materiales*? ¿Y a las *reacciones químicas* antes de los *cambios de estado*?

Y en los tres ciclos, aparece el error de considerar que el *estado de agregación* es una *propiedad de materiales y objetos*. Nótese que dicha concepción alternativa es la que lleva a los niños a pensar que hielo y agua líquida son sustancias diferentes.

Consideremos otro caso: en lo que engloba a otros *procesos físicos*, es cierto que los tres documentos comparten contenidos relativos a *fuerzas, circuitos eléctricos sencillos, luz, sonido, magnetismo y gravedad*. Pero contrasta la sistematicidad con que aparece cada contenido cíclicamente en cada etapa en los currículos extranjeros, y la forma saltada con que aparecen en el español, incumpliendo los criterios 2.1 y 2.3. Por ejemplo, el *sonido* se trata apenas en el primer ciclo (p. 43065) y el magnetismo apenas se contempla (salvo en segundo ciclo [p. 43067], en *clasificación de materiales por... su atracción magnética...*).

Y el caso de la *luz*, observando la tabla 8, se detecta que no aparece en primer ciclo, omitiéndose la propagación de la luz y la formación de sombras que, quizá, se deja para el segundo, junto a la reflexión y la descomposición de la luz blanca (p. 43067). Para el tercero, no se prescribe una profundización (por ejemplo, en su naturaleza y propagación), sino que se pasa a un genérico *planificación de experien-*

cias para estudiar el comportamiento de los materiales ante la luz, sonido, electricidad y calor... (p. 43069). Por tanto, no se cumplen los indicadores 2.1 y 2.3.

Para desarrollar una comprensión de estos fenómenos se pueden utilizar diferentes enfoques. Uno implica comenzar atendiendo la diferencia luz/oscuridad, abordando la formación de sombras. Después vendrían aspectos más complejos como la reflexión y refracción, etc. El currículo inglés ha adoptado este enfoque (tabla 10).

Otra posibilidad implica, antes de los 10 años, poner en conexión fenómenos luminosos, sonoros, caloríficos, eléctricos, magnéticos, cambios físicos y cambios químicos, con la intención de ir construyendo el concepto de *energía*. Y, en una segunda instancia, tratarlos uno a uno, con mayor profundidad, siguiendo el primer enfoque. Es la opción que se ha tomado en el currículo estadounidense.

Esto nos da pie a comentar también un concepto fundamental: *la energía*. Atendiendo al indicador 2.1, en nuestro currículo *la energía* da título a un bloque unido a *la materia*, pero no se asocia a *las máquinas*, cuando ligar el estudio de la *energía* al de *las máquinas* nos parece igualmente esencial para una adecuada enseñanza de ambas (García-Carmona y Criado, 2013). Lo más que hace, al respecto, es que el segundo ciclo se refiere a la «identificación de las fuentes de energía con que funcionan las máquinas» (p. 43067).

Sin embargo, en el estadounidense (tabla 11), reconociendo que el concepto (adecuado) de *energía* es abstracto, sugiere abordarlo a partir de experiencias, como ya se ha dicho, y tolera que los escolares puedan adquirir la idea de que la energía es una especie de combustible (pp. 126, 154). Admitiendo esa noción como paso provisional que permite ir comprendiendo, a partir de los 10 años, que las transferencias y transformaciones de una misma entidad pueden explicar toda esa variada fenomenología. Esa identificación de la energía ayudará a vencer el obstáculo de que «la energía se gasta».

Por consiguiente, el currículo español debería prestar más atención a los indicadores 2.1 y 2.3, aplicados a los contenidos, a lo largo de toda la etapa.

Tabla 8.
Secuenciación de contenidos de *Materia y energía* (España)

ESPAÑA: Núcleo de contenido: Bloque 6. Materia y energía		
1.º ciclo (6-7 años)	2.º ciclo (8-9 años)	3.º ciclo (10-11 años)
<p>La diversidad de <i>materiales</i>. <i>Clasificación</i> según criterios elementales: estado de agregación, textura, color, forma, plasticidad, etc.</p> <p>Observación de los efectos de la aplicación de una fuerza. <i>Fuerzas</i> en la misma dirección. <i>Fuerzas</i> de contacto y a distancia.</p> <p>La percepción del <i>sonido</i>. La transmisión del sonido en diferentes medios. El ruido y la contaminación acústica.</p> <p><i>Luz/oscuridad sombras... Ø</i></p> <p>Desarrollo de <i>actitudes</i> conscientes, individuales y colectivas, frente a determinados <i>problemas medioambientales</i>.</p> <p>Reducción, reutilización y <i>reciclaje</i> de objetos y sustancias.</p>	<p>Comparación, <i>clasificación</i> y <i>ordenación</i> de diferentes objetos y <i>materiales</i> a partir de <i>propiedades físicas</i> observables (peso/masa, estado, volumen, color, textura, olor, atracción magnética) y posibilidades de uso.</p> <p>Identificación de <i>fuerzas</i> conocidas que hacen que los objetos se muevan o se deformen. <i>Fuerzas de atracción o repulsión</i>.</p> <p><i>Energía y los cambios</i>. Fuentes y usos de la energía. Observación de la intervención de la energía en los cambios de la vida cotidiana.</p> <p>Valoración del uso responsable de las <i>fuentes de energía</i> en el planeta.</p> <p>Producción de <i>residuos</i>, la <i>contaminación</i> y el impacto ambiental.</p> <p>Identificación de <i>mezclas</i>.</p> <p>Responsabilidad en el <i>ahorro energético</i>.</p> <p><i>Comportamiento</i> de los <i>cuerpos</i> en función de la <i>luz</i>. <i>La reflexión</i> de la <i>luz</i> y la <i>descomposición</i> de la <i>luz blanca</i>.</p> <p>Planificación de <i>experiencias</i> sencillas para estudiar las <i>propiedades</i> de <i>materiales</i> de uso común y su comportamiento <i>ante cambios energéticos</i>, haciendo predicciones ...</p> <p>Respeto por las <i>normas</i> de <i>uso</i>, <i>seguridad</i> y de <i>conservación</i> de los <i>instrumentos</i> y de los <i>materiales</i> de trabajo.</p>	<p>Estudio y <i>clasificación de algunos materiales</i> por sus propiedades (dureza, solubilidad, estado de agregación, conductividad térmica).</p> <p>Utilización de diferentes procedimientos para la <i>medida</i> de la <i>masa</i> y el <i>volumen</i> de un cuerpo.</p> <p>Explicación de fenómenos físicos observables en términos de diferencias de <i>densidad</i>. La <i>flotabilidad</i> en un medio líquido.</p> <p>Predicción de cambios en el <i>movimiento</i>, en la <i>forma</i> o en el <i>estado de los cuerpos</i> por efecto de las <i>fuerzas</i> o de las <i>aportaciones de energía</i>.</p> <p><i>Fuentes de energía renovables y no renovables</i>. El <i>desarrollo</i> energético, <i>sostenible</i> y equitativo. <i>Responsabilidad individual</i> en su <i>consumo</i>.</p> <p>Diferentes <i>formas de energía</i>. Transformaciones simples de energía.</p> <p><i>Separación</i> de componentes de una <i>mezcla</i> mediante: destilación, filtración, evaporación o disolución.</p> <p><i>Reacciones químicas</i>. Combustión, oxidación y fermentación.</p> <p>El <i>calor</i>, percepción y observación sistemática de sus efectos: aumento de temperatura y dilatación.</p> <p><i>Cambios de estado</i> y su reversibilidad.</p> <p>Planificación y realización de <i>experiencias</i> diversas para estudiar las <i>propiedades de materiales</i> de uso común y su <i>comportamiento ante la luz, el sonido, el calor, la humedad y la electricidad</i>.</p> <p>Comunicación oral y escrita del proceso y del resultado.</p> <p>Respeto por las <i>normas de uso, seguridad</i> y de <i>conservación</i> de los <i>instrumentos</i> y de los <i>materiales</i> de trabajo.</p>

Tabla 9.
Secuenciación de contenidos de: objetos, máquinas y tecnologías (España)

ESPAÑA: Núcleo de contenido: Bloque 7. Objetos, máquinas y tecnologías (reproducida parcialmente)		
1.º ciclo (6-7 años)	2.º ciclo (8-9 años)	3.º ciclo (10-11 años)
... máquinas en el entorno. Montaje y desmontaje de objetos simples. ... funcionamiento de objetos y máquinas [...] Uso [...] sustancias herramientas [...] seguridad...	... oficios en función de los materiales, herramientas y máquinas que utilizan. ... fuentes de energía con las que funcionan las máquinas. Planificación y realización [...] objeto o máquina [...] sencilla. ... algunos operadores mecánicos... ... aplicaciones tecnológicas respetuosas con el medio ambiente. ... los grandes inventos propiedades de los materiales y su uso en aplicaciones concretas. ... aplicaciones [...] las máquinas [...] utilidad ... Construcción de estructuras sencillas [...] para resolver un problema... Circuitos eléctricos sencillos. Efectos de la electricidad. Conductores y aislantes. Elaboración de un informe [...] influencia del desarrollo tecnológico en las condiciones de vida y en el trabajo.

Tabla 10.
Secuenciación de *Materiales y sus propiedades y Procesos físicos* (Inglaterra y Gales)

Contenido: Materiales y sus propiedades (Inglaterra y Gales)	
Key Stage 1 (hasta 7 años), p. 18	Key Stage 2 (8-11 años), p. 25
<i>Agrupar materiales observando</i> similitudes y diferencias en propiedades simples. <i>Relacionar</i> usos de <i>materiales</i> con sus <i>propiedades</i> . Reconocer cambios en la forma de materiales, al calentar/enfriar (agua, chocolate, pan...).	Agrupar y <i>clasificar materiales</i> y objetos por el material del que están hechos. Relacionar propiedades materiales y su uso (aislantes térmicos y eléctricos; apariencia y permeabilidad en rocas y suelos). Diferenciar <i>estados físicos</i> (S, L, G). Reconocer cambios. Reversibles (ciclo del agua). Irreversibles (bicarbonato y vinagre, combustión...).
	Separando <i>mezclas</i> (Partículas sólidas por tamaños, disolventes por evaporación...).
Contenido: Procesos físicos (Inglaterra y Gales)	
Key Stage 1 (hasta 7 años), p. 19	Key Stage 2 (8-11 años), pp. 26 y 27
Electricidad Fuerzas y movimiento <i>Luz y sonido</i> . <i>Luz y oscuridad</i> . Haciendo y detectando sonidos.	Electricidad: Circuitos simples. Timbres, motores, baterías. C. Serie Fuerzas y movimiento. Tipos de fuerzas. (Magnética, gravitacional, rozamiento, rozamiento del aire, acción y reacción, dirección de F). <i>Luz: Efectos de la luz. Propagación, sombras. Reflexión, reflexión de luz en superficies. Mecanismo de visión.</i> Vibración y sonido. Producción al vibrar objetos. Tono e intensidad de sonidos (tambores, cuerdas). Medio de propagación. La Tierra y más allá. Sol, la Tierra y Luna. Movimiento aparente sol y sombras [...] Día y noche y rotación. Año y traslación terrestre. Mes y traslación lunar.

Tabla 11.
Secuenciación de contenidos: C: Física (EE. UU.)

Contenido: Física (EE. UU.)	
Niveles K-4 (hasta 9 años) pp. 105-127	Niveles 5-8 (10 a 13 años), pp. 149-155
<p><i>Propiedades de objetos</i> (peso, forma, tamaño) y propiedades de <i>materiales</i> (color, textura, dureza). <i>Estados</i> de los materiales.</p> <p>En 4.º distinguir entre objeto y material y propiedades de uno y otro en contextos (ej.: rocas, en materiales de seres vivos...).</p> <p><i>Posición y movimiento</i> de objetos.</p> <p>Posición: localización respecto a otro objeto o el suelo.</p> <p>Movimiento: cambio en la posición [...] Cambios [...] tirando/empujando objetos. Magnitud del cambio y magnitud del tirón/empuje ejercido.</p> <p><i>Luz, calor, electricidad y magnetismo.</i></p> <p><i>Propagación recta de la luz hasta llegar a un objeto. Reflexión en espejo, refracción en lente, absorción por objeto.</i></p> <p>Producción de calor, quemando, por fricción, por mezcla de sustancias. Paso de calor [...] por conducción.</p> <p>Efectos de electricidad en circuitos: luz, calor, sonido, e. magnéticos.</p> <p>Los imanes se atraen/repelen [...] y a [...] ciertos materiales.</p>	<p><i>Propiedades y cambios en las propiedades de la materia</i></p> <p>Diferencia: propiedades objeto/propiedades material/de propiedades específicas de las sustancias componentes.</p> <p><i>Propiedades características sustancia:</i> densidad, PF, PE, solubilidad.</p> <p><i>Mezcla:</i> se pueden <i>separar</i> las sustancia originales [...] por sus propiedades características.</p> <p><i>Las sustancias reaccionan</i> [...] para formar otras nuevas (nuevas propiedades). Se conserva la masa total en la reacción. Las sustancias se agrupan y clasifican según características y reactividad química (metales).</p> <p>Los elementos químicos no se descomponen en [...] laboratorio como calentamiento [...] Hay unos 100 [...] Forman compuestos...</p> <p><i>Movimientos y fuerzas</i></p> <p>Movimiento descrito por: posición, dirección del movimiento y velocidad. Representación gráfica.</p> <p>Objeto no sometido a una fuerza permanecerá en velocidad constante en línea recta.</p> <p>Si varias fuerzas actúan sobre un objeto a lo largo de una línea recta, se pueden sumar o restar. Las fuerzas no equilibradas causarán cambios...</p> <p><i>Transferencias de energía</i></p> <p>La <i>energía</i> es una propiedad [...] asociada a calor, luz, electricidad, movimiento, sonido, núcleos y naturaleza química. El <i>calor</i> [...] desde objetos calientes a fríos...</p> <p><i>La luz interacciona con la materia por transmisión (incluida refracción) absorción o dispersión (inc. reflexión).</i></p> <p><i>Circuitos eléctricos</i>, dan una forma de transferir energía eléctrica cuando se producen calor, luz, sonido y cambios químicos</p> <p>En [...] las <i>reacciones</i> químicas y nucleares la <i>energía</i> sale o entra del sistema y pueden implicarse <i>calor, luz, movimiento, electricidad</i> en los cambios.</p> <p>El <i>sol</i> es la mayor fuente de energía en los cambios de la superficie de la Tierra [...] La <i>energía solar</i> que llega a la Tierra [...]: luz visible, infrarrojo y UV.</p>

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA

En cuanto a la estructura general de la educación científica, sería interesante preguntarse si el currículo de cada área o materia debería plasmarse a lo largo de toda la enseñanza obligatoria, con una estructura continua y similar.

Se debería aprovechar el cuerpo de conocimientos de la didáctica de las ciencias, incorporando la descripción del desarrollo progresivo de las ideas de los niños hacia los conceptos científicos, aportando y fundamentando hipótesis sobre la formulación los conceptos (también de habilidades y actitudes en cada nivel), tal y como se hace en el currículo estadounidense.

Basándose en lo anterior, convendría hacer explícita la descripción de la actuación esperable de un escolar, al acabar un ciclo y al acabar la etapa, definiendo en cada caso el nivel de alfabetización científica razonable.

En lo que respecta a las finalidades, el currículo español puede mejorar, proponiéndose la iniciación de los escolares en la reflexión acerca de la NDC.

Añadiríamos, como consecuencia de la constatada poca motivación hacia las ciencias, que entre las finalidades debería fomentarse el aprendizaje de ciencia de forma divertida (ciencia recreativa).

Sobre la propuesta de contenidos, debería contemplar núcleos aceptados en currículos de referencia internacional, como los analizados, que sintonizan con las actuales tendencias en didáctica de las ciencias. Los núcleos aludidos serían: *los procesos de investigación*, *los procesos físicos*, *los materiales y sus propiedades*, *los seres vivos* (incluyendo *el entorno*, *el cuerpo humano* y *la alimentación*), *las máquinas y artefactos* (o *diseño tecnológico*). De incluir la energía en el nombre de algún núcleo, debería hacerse, necesariamente, también con el de las máquinas. Asimismo, los contenidos deberían estar formulados en coherencia con el resto de elementos curriculares; en este caso, con las finalidades educativas.

Debe cuidarse la coherencia exhaustiva con las metas de aprendizaje. Es decir, si se ha declarado en las finalidades la intención de «desarrollar habilidades próximas a la actividad científica», debería aparecer en los contenidos, con la presencia de un núcleo específico sobre *investigación (escolar)*. En ese núcleo se incluirían algunas nociones de NDC (cómo se genera el conocimiento científico, con versiones adaptadas de génesis histórica de algunos conceptos; ejemplos cotidianos que permitan distinguir qué es ciencia frente a pseudociencia, etc.). Esto se puede hacer de la misma manera que actualmente se tratan los *inventos*. Su omisión podría suponer un perjuicio con vistas a que estas nociones sean abordadas en las aulas, ya que la propuesta de contenidos es la que suele determinar qué enseñar de (y sobre) ciencias, por encima de las metas educativas.

La estructuración sistemática y longitudinal de los contenidos

En el currículo español es necesaria la estructuración explícita y sistemática –a modo de hipótesis– de los contenidos dentro de un ciclo y su secuenciación progresiva –en orden creciente de complejidad– al pasar longitudinalmente de un ciclo a otro superior. La revisión de todos los contenidos debe hacerse por un equipo que integre expertos en la didáctica de cada una de las materias de ciencias involucradas. Debe replantearse la selección de contenidos para mejorar la ciencia escolar propuesta, subsanando omisiones y defectos como los de los ejemplos que se han mencionado. (El caso del concepto estructurante de energía unido no solo al núcleo de la materia, sino también al de las máquinas, a los seres vivos, al clima, a los procesos geológicos, etc.).

Ejemplos de propuestas concretas de progresión adecuada, al pasar de un ciclo a otro:

- *Materiales y sus propiedades*: comenzar por diferenciar objeto y *material* del que está constituido; evolución desde la idea de *material* a la de *materia*, infiriendo que todo lo que se considera *materia* tiene unas propiedades *generales* –*masa y volumen*–, a diferencia de lo que no es materia (como la luz); distinguir entre *sustancias* (con unas propiedades específicas, como densidad, temperatura de fusión, etc., que sirven para identificarlas) y *mezclas de sustancias* carentes de estas propiedades fijas, pero con la posibilidad de separarse en las *sustancias* originales. Afianzar el concepto de *sustancia* y *cambios* que no alteran su naturaleza (*cambios físicos*) antes de abordar las *reacciones químicas*; cambios donde los *reactivos* y los *productos* son *sustancias* diferentes.
- *La luz*: comenzar abordando la diferencia luz/oscuridad, poniendo el acento, inicialmente, en cómo se propaga la luz, acometer la formación de sombras. Después vendrían aspectos más complejos como prestar atención a que la luz se refleja en cuerpos opacos y se transfiere en los transparentes, hasta llegar al estudio de fenómenos como la refracción y la dispersión.

Para todo lo que se ha dicho, no se propone que sea establecido como prescripciones obligatorias, sino como guías ilustrativas para favorecer la alfabetización científica deseable.

En el momento de la publicación del presente trabajo, dos años después de su conclusión, se ha producido un nuevo cambio en nuestras leyes educativas y, por desgracia para nuestro Sistema Educativo, la mayoría de estas sugerencias siguen siendo pertinentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAÑAL, P.; POZUELOS, F.J. y TRAVÉ, G. (2005). *Proyecto Curricular Investigando Nuestro Mundo (6-12). Descripción general y fundamentos*. Sevilla: Díada.
- CAÑAL, P. (2008). *Investigando los seres vivos*. Sevilla: Díada.
- CAÑAL, P.; CRIADO, A.M.; GARCÍA-CARMONA, A. y MUÑOZ, G. (2013). La enseñanza relativa al medio en las aulas españolas de Educación Infantil y Primaria: concepciones didácticas y práctica docente. *Investigación en la Escuela*, 81, pp. 21-42.
- COUSO, D.; JIMÉNEZ, M.P.; LÓPEZ-RUIZ, J.; MANS, C.; RODRÍGUEZ, C.; RODRÍGUEZ, J.M. y SANMARTÍ, N. (2011). *Informe Enciende (Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica escolar para edades tempranas en España)*. Madrid: COSCE.
- CRIADO, A.M. y GARCÍA-CARMONA, A. (2011a). Las experiencias prácticas para el conocimiento del medio (natural y tecnológico) en la formación inicial de maestros. *Investigación en la Escuela*, 74, pp. 73-88.
- CRIADO, A.M. y GARCÍA-CARMONA, A. (2011b). *Investigando las máquinas y artefactos*. Sevilla: Díada.
- DEPARTMENT FOR EDUCATION AND EMPLOYMENT (DEE) (1999). Science. The National Curriculum for England. (NCE). Disponible en línea: www.nc.uk.net. (Última consulta, 26 de octubre de 2011).
- DOLAN, T.J.; NICHOLS, B.H. y ZEIDLER, D.L. (2009). Using Socioscientific Issues in Primary Classrooms. *Journal of Elementary Science Education*, 21(3), pp. 1-12.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF03174719>
- EURYDICE (2011). *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*. Disponible en línea: <http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice>. (Última consulta, 19 de abril de 2012).
- FERRAN, J. (2002). *La educación comparada actual*. Madrid: Ariel.
- GARCÍA-CARMONA, A. y CRIADO, A.M. (2013). Enseñanza de la energía en la etapa 6-12 años. Un planteamiento desde el ámbito curricular de las máquinas. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), pp. 87-102.
- GARCÍA-CARMONA, A.; CRIADO A.M. y CAÑAL, (2014). ¿Qué educación científica se promueve para la etapa de primaria en España? Un análisis de las prescripciones oficiales de la LOE. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), pp. 139-157.
<http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.778>
- HARLEN, W. (1993). *Teaching and learning primary science*. Paul Chapman Publishing Ltd. (2007, reimpr.). *Enseñanza aprendizaje de las ciencias*. Madrid: MEC y Morata.
- HARLEN, W. (2008). Science as a key component of the primary curriculum: a rationale with policy implications. *Primary Science*, Issue 1 September 2008 ISSN 1758-7956. London: Wellcome Trust Education. Disponible en línea: www.wellcome.ac.uk/perspectives. (Última consulta, 28 de marzo de 2013).
- MECD (2006), Pisa 2006. Informe español. <http://www.mecd.gob.es/dctm/evaluacion/internacional/pisainforme2006.pdf?documentId=0901e72b8010c472>
- MECD (2009) Pisa 2009. Informe español. <http://www.mecd.gob.es/dctm/evaluacion/internacional/pisa-2009-con-escudo.pdf?documentId=0901e72b808ee4fd>

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (1998, 5th Printing). National Science Education Standards. National Committee on Science Education Standards and Assessment. Washington, DC. National Academy Press (NAP). Disponible en: <http://www.nap.edu/catalog/4962.html> (Última consulta, 26 de octubre de 2011).
- OSBORNE, J. y DILLON, J. (coords.) (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. London: Nuffield Foundation.
- PADILLA, M.T. (2002). *Técnicas e Instrumentos para el Diagnóstico y la Evaluación Educativa*. Madrid: CCS.
- REAL DECRETO 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establezcan las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. BOE de 8 de diciembre de 2006.
- ROCARD, M.; CSERMELY, P.; JORDE, D.; LENZEN, D.; WALBERG-HENRIKSSON, H. y HEMMO, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: Directorate General for Research, Science, Economy and Society.
- RUDDOCK, G. y SAINSBURY, M. (2008). *Comparison of the Core Primary Curriculum in England to those of Other High performing Countries*. London, UK: National Foundation for Educational Research. Disponible en línea: http://www.uquebec.ca/observgo/fichiers/48461_GSE-2.pdf. (Última consulta, 5 de diciembre de 2012).
- WOODLEY, E. (2009). Practical work in school science-why is it important? *School Science for Science Education*. (ASE, Association for Science Education 91 (335) 49-50. Disponible en línea: http://www.ase.org.uk/blm/ssr_dec_2009_gp.pdf. (Última consulta, 26 de octubre de 2011).

How to improve the national science curriculum of Spanish primary education. Suggestions from a comparative analysis of goals and content with England and the USA

Ana M. Criado, Marta Cruz-Guzmán, Antonio García-Carmona, Pedro Cañal
Departamento de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Sevilla.
acriado@us.es, mcruzguzman@us.es, garcia-carmona@us.es, pcanal@us.es

In order to provide suggestions for improving Spain's primary education science curriculum, it was compared with the respective national science education standards in England and the United States.

Equivalences were sought between the levels of the three educational systems, and then the structure of their official published curricula was studied. The three documents were analysed in their original versions, following the methodological guidelines of comparative education. In view of the stated goals and content of those documents, the following proposals were formulated to contribute to improving the Spanish curriculum:

With respect to the general structure of the science education curriculum, each area or subject should be dealt with continuously throughout compulsory education, including the primary education level.

A clear and coherent correspondence should be maintained between the content and other curricular elements, in this specific case, with the goals of primary school science education in mind.

One of the goals should be to foster science learning in a way that is fun for the pupils (recreational science).

The desirable level of scientific literacy at the end of each cycle and phase should be clearly defined, with explicit description of the expected performance of the pupils in each case. Taking into account the advances in Science Teaching, a description of the progressive development of the pupils' ideas towards scientific concepts should be incorporated, positing hypotheses and providing arguments for them on how best to formulate the concepts (as well as the relevant skills and attitudes) at each level.

The proposed content should include core sets of elements that are already accepted in international reference curricula such as those analysed in the present work -- curricula which are in tune with current trends in science teaching. Examples of these cores would be research processes, physical processes, matter and its properties, living beings (including the natural environment, the human body and diet), machines and other artefacts (or technological design), etc. The explicit consideration of energy should be included in all the cores in which this structuring concept comes into play. For example, energy can not be left as a marginal topic in the study of machines.

If one of the stated goals is the intention to develop skills close to scientific activity, then a specific core on inquiry-based learning should also be present in the content. This core would include some notions of the Nature of Science (NOS), how scientific knowledge is generated (with adapted versions of the historical genesis of some of the concepts of science), everyday examples that allow pupils to see what distinguishes science from pseudoscience, and such. This can be done in the same way that inventions are currently presented.

With respect to the content of the cores, for each cycle it needs to be explicitly and systematically structured, taking into account its progressive sequencing (in the order of increasing complexity) when passing longitudinally from one cycle to the next. All the content must be reviewed by a team made up of experts on the teaching of each of the science subjects involved. Finally, there has to be reconsideration of what content has been selected with the aim of improving the school science proposal, correcting such omissions and defects as those mentioned in the examples given throughout the present communication.

Our proposal is not that these suggestions be set as rigid and mandatory, but instead that they be taken as well-founded illustrative guidelines that can help promote pupils' desirable scientific literacy, and orient teachers in their planning and everyday work.